Opłata pocztowa ryczałtowa. Nakład 1.900 egz.

Nr. 1 Warszawa, dnia 25 stycznia 1939 r. Rok XVII.

TECHNIKA CIEPLNA

Czasopismo Związku Stowarzyszeń Dozoru Kotłów w Polsce

№ 1 Warszawa, 25 stycznia 1939 r. Rok XVII

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO ZWIĄZKU STOWARZYSZEŃ DOZORU KOTŁÓW W POLSCE

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Związek Stowarzyszeń Dozoru Kotłów w Polsce.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 6. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.



HENRYK HERBICH, inż.

STAN I PROGRAM WYZYSKANIA SIŁ WODNYCH DLA ELEKTRYFIKACJI POLSKI.

Zagadnienie wytwarzania energii i jej racjonalnego wyzyskania są kwestiami wiążącymi się ściśle z życiem gospodarczym kraju.

Wyniki elektrotechniki stosowanej w dziale wysokich napięć rozszerzyły to zagadnienie, uprzednio o znaczeniu lokalnym — do skali ogólnopaństwowej.

Obecnie, prawie we wszystkich cywilizowanych krajach, elektryfikacja jest ujęta przez państwo w ramy planowości, stanowiąc jeden z czynników polityki gospodarczej.

Dążąc do możliwej doskonałości w doborze źródeł energii i sprawności ich wytwarzania państwa zachodnio - europejskie skierowały politykę elektryfikacyjną w kierunku racjonalnej współpracy zakładów o różnych źródłach energii, które w pewnych okresach zapotrzebowania spełnić mogą najodpowiedniejszą i najekonomiczniejszą rolę, zupełnie nie rywalizując ze sobą, lecz uzupełniając się wzajemnie.

Naogół w tej współpracy energetycznej: 1) elektrownie parowe pokrywają zapotrzebowanie podstawowe, z dużą ilością godzin użytkowania mocy instalowanej, wpływając tym samym na doskonałe wyzyskanie silników i ekonomię paliwa w kotłach parowych; 2) zakłady wodno - zbiornikowe kryją szerokie i duże szczyty zapotrzebowania, wprowadzane są do współpracy parokrotnie w ciągu doby i to momentalnie, gdyż ich uruchomienie z postoju nie wymaga ani czasu, ani strat paliwa, a przeciwnie gromadzony w ciągu doby dopływ wody do zbiornika oddany następnie do turbin w ciągu krótkiego czasu, to jest kilku godzin na dobę — pozwala uzyskać wyższe moce, podnosząc wartość energetyczną zakładu; wreszcie 3) silniki Diesel'a, zasobniki wodno - parowe Ruths'a oraz zakłady pompowe — kryją najwęższe i najwyższe wierzchołki krzywej obciążenia energii w prawidłowo zaprojektowanym i zainstalowanym okręgu elektryfikacyjnym.

W takie ramy ujęta elektryfikacja kraju stanowi dla Państwa poważny czynnik w polityce gospodarczej:

1) podnosi bowiem stan uprzemysłowienia kraju przez udostępnienie korzystania z energii elektrycznej w każdym zakątku kraju, oraz przez umożliwienie powstawania warsztatów pracy opartych na niedostępnych uprzednio bogactwach przyrody;

2) wpływa na pewność ciągłości dostawy energii do tychże warsztatów pracy;

3) daje ekonomię instalacji w elektrowniach, których ogólna moc, wobec wzajemnych rezerw, może być niższa przy tym samym zapotrzebowaniu energii, a tym samym wpływa na potanienie kosztów produkcji i sprzedaży energii;

4) wreszcie wydatnie wpływa na odporność kraju, podnosząc jego walory obronne.

Jak wiadomo na odporność danego kraju, poza znanymi czynnikami jak ilość mieszkańców, produkcja surowców, stan komunikacji — wpływa również w dużym stopniu suma energii elektryczno - mechanicznej, jaką dany kraj rozporządza. — I to energii nie skupionej — lecz równomiernie rozmieszczonej w całym kraju, opartej na różnych surowcach energetycznych i powiązanej ciągami elektrycznymi, zapewniającymi stałą dostawę prądu dla wytwórni. Dostawa ta nie może ulegać przerwie nawet w wypadku uszkodzenia poszczególnych elektrowni, względnie utrudnionego dowozu węgla kamiennego, którego złoża, jeżeli mowa o Polsce, są nader niekorzystnie umieszczone na pograniczu Państwa.

Jednym z głównych, rezerwowych surowców energetycznych wprzęgniętych do współpracy w światowej gospodarce energetycznej są s i ł y w o d n e.

W Polsce do niedawna zagadnienie wyzyskania sił wodnych nie mogło znaleźć należytego zrozumienia, a tym samym ruszyć z miejsca. Powiedziałem „do niedawna", bo w

chwili obecnej posiadamy już parę zakładów wodno - elektrycznych w budowie, względnie kilka zakładów w programie budowy na najbliższe lata, stwierdzić więc z przyjemnością można, iż to co przed paru laty zapowiadaliśmy nieśmiało w czasie przyszłym, to dziś możemy już mówić o tych inwestycjach w czasie przeszłym lub teraźniejszym, i śmielej w czasie przyszłym.

Pierwsze kroki w tej dziedzinie są już więc postawione i to może w ostatnim momencie. Boć byliśmy unikatem w Europie pod względem wyzyskania sił wodnych i innych rezerwowych surowców energetycznych.

Nasze dotychczasowe zapotrzebowanie energii wyrażające się cyfrą 4.000.000.000 *kWh* przy instalacji mocy ok. 1,6 miliona *kW* i szczycie 700.000 *kW* pokrywane było prawie w całości przez zakłady cieplne, spalające pod kotłami węgiel kamienny. Siły wodne biorą w tym kryciu zapotrzebowania minimalny udział, bo 2% wytwarzanej energii i 0,5 instalowanej mocy.

Tymczasem, tempo wyzyskania coraz to nowych źródeł energii wody zagranicą, stale wzrasta.

Obecne wyzyskanie sił wodnych w poszczególnych krajach wyraża się milionami *kW* a w Polsce zaledwie dziesiątkami tysięcy. Stan taki mógłby być usprawiedliwiony, gdyby zasoby tego rezerwowego naszego surowca energetycznego były niskie, a tymczasem, posiadamy: wysokowartościowy gaz ziemny, dwa miliony *ha* torfowisk, złoża węgla brunatnego i siły wodne, których zasoby wynoszą 12% wszystkich pozostałych, wymienionych wyżej surowców energetycznych (przy założeniu spożycia węgla kamiennego w 1000 - leciu).

Możliwości więc do rozpoczęcia planowej elektryfikacji w Polsce, opartej na różnych surowcach energetycznych istnieją. Mówię „do rozpoczęcia elektryfikacji", gdyż w obecnej chwili, w ścisłym znaczeniu tego słowa — elektryfikacji nie posiadamy.

Pierwsze dłuższe linie b. wysokiego napięcia są bądź w projekcie, bądź w budowie. Większość elektrowni nie jest połączona wspólną siecią — pracują samodzielnie, — przez co utrudnione jest wykorzystanie różnych źródeł energii, uzyskanie wyrównania dziennej krzywej zapotrzebowania, a tym samym lepszego i ekonomiczniejszego wyzyskania maszyn w poszczególnych elektrowniach.

Taki stan rzeczy nie jest do pomyślenia w krajach uprzemysłowionych, nie mówiąc już o Stanach Zjednoczonych, gdzie jedno miasto Chicago posiada szczyt mocy 2.000.000 *kW*. To też tam elektrownie okręgowe posiadają nieraz 40 — 50 zakładów elektrycznych, pracujących na wspólną sieć, a opartych na różnych źródłach energetycznych z dużym procentem elektrowni wodnych zbiornikowych, pozwalających na ich szybkie włączanie do współpracy w momentach największego zapotrzebowania energii.

Kraj nasz jest stosunkowo biedny i marnotrawstwem byłoby mieć nadmiar prądnic w poszczególnych samodzielnie i nieekonomicznie pracujących elektrowniach, gdy jednocześnie znaczne osiedla są bez siły i światła elektrycznego, względnie posiadają je po wysokiej cenie, wobec złego wykorzystania małych, często przestarzałych maszyn.

Jeżeli pierwsze naczelne hasło elektryfikacji kraju przez połączenie we wspólną sieć istniejących elektrowni zrealizuje się, — to obecne elektrownie, użytkując swą moc przez dłuższą ilość godzin w ciągu roku np. 2500 godzin — będą mogły dostarczyć i pokryć $1\frac{1}{2}$ — krotnie większe zapotrzebowanie od obecnego. (Nawiasem mówiąc — obecnie użytkują one średnio 1900 godzin wobec 4000 — 4500 godzin zagranicą).

Oczywiście, takie 100 - procentowe połączenie istniejących elektrowni jest trudne, a ekonomicznie prawie niemożliwe i dlatego już dziś, równolegle z budową linii wysokiego napięcia, muszą być budowane siłownie nowe, szczególnie o charakterze szczytowym, a oparte przede wszystkim na torfie, gazie ziemnym i sile wodnej. I to jest drugie, równoległe hasło rozpoczętej akcji elektryfikacji kraju. W tym też kierunku zmierzają planowe poczynania rządowe i obecnie rozpoczęte zostały budowy elektrowni gazowych i wodnych na Podkarpaciu wraz z liniami przeniesienia energii do Okręgu Centralnego i do Warszawy.

Zestawienie ogólnych zasobów energii wodnej, w swoim czasie przezemnie opracowane, wykazało 5800 milionów *kWh* dla rzek zakwalifikowanych do I kategorii t. j. posiadających spadek jednostkowy zw. wody powyżej 0,5‰, a zasób mocy przynajmniej 200 *KM* na 1 *km* bieżący rzeki.

Stosunek tych sił w poszczególnych częściach kraju do przyszłego przewidywanego zapotrzebowania energii w roku 1950 wynosi w Małopolsce 49%, na Pomorzu 29%, w centrum kraju 5%, i na Wileńszczyźnie ponad 100%.

O ile cyfry przewidywanego zapotrzebowania energii obliczone przez Profesora Sokolnickiego w roku 1930 — były wygórowane i wskutek kryzysu nieosiągalne w tym czasie — to wprowadzone procenty możliwego udziału sił wodnych zachowają się w tej proporcji w latach późniejszych.

Z cyfr tych wyciągnąć łatwo znane wnioski, — że gros intratnych źródeł energii wodnej dostarczyć mogą rzeki Karpackie, rzeki na Wileńszczyźnie, wreszcie rzeki Pomorskie, a najmniej rzeki w Centrum Kraju.

Zakłady wodne na rzekach Karpackich, oparte przeważnie na budowie równoczesnej dużych zbiorników wodnych — posiadają jeszcze i tę zaletę, iż spełniać mogą dużej doniosłości inne zadania. Wchodzi tu w grę

przede wszystkim akcja przeciwpowodziowa i poprawa warunków żeglugi przez wyrównanie odpływów. Okoliczność ta pozwala przy kalkulacji ceny energii tych zakładów, przyjąć zasadę przerzucenia części kosztów budowy zapór i zbiorników na te działy gospodarki wodnej, które osiągają znaczne korzyści z istnienia tych zbiorników.

Troska o uodpornienie kraju pod względem energetycznym przez możliwie duże uniezależnienie się od węgla kamiennego, tego głównego lecz niekorzystnie usytuowanego surowca, — zmusić może do wykorzystania mniej rentujących się bezpośrednio źródeł energii wody, położonych jednak w centrum kraju.

W odróżnieniu od sił wodnych rzek górskich, zwanych potocznie „białym węglem" — siły rzek nizinnych w literaturze występują pod nazwą „węgla zielonego", a wykorzystanie ich łączy się zazwyczaj z usprawnieniem żeglugi, przez zwiększenie głębokości na dłuższej przestrzeni rzeki (kanalizacja).

To drugie zadanie bywa nieraz dominujące, a więc i znaczna część kosztów może być na ten cel przeznaczona.

Wychodząc z tych przesłanek podam następnie również zasoby sił wodnych rzek słabszych, dla których kryteria odnośnie spadku lub jednostkowej mocy na kilometr bieżący rzeki, niepozwoliłyby je zakwalifikować do I kategorii. W ten sposób zasoby sił wodnych w centrum kraju przedstawiają się już pokaźniej, a wychodząc ze stanowiska obrony Państwa i kojarząc cele energetyczne z żeglugowymi — niewątpliwie część tych zasobów może i winna być wykorzystaną. Natomiast w zasobach sił wodnych Polski, które niejednokrotnie podawałem w prasie i odczytach, lub w zestawieniach projektowanych zakładów, czy też w programach inwestycji wodno - energetycznych, nie wliczano na razie zakładów pompowych. W Polsce aczkolwiek możliwości budowy zakładów pompowych istnieją, to jednak zagadnienie to jeszcze nieaktualne, wobec słabo rozwiniętej elektryfikacji.

Istnieje ono w szeregu państw na Zachodzie, gdzie elektryfikacja stoi na tak wysokim poziomie z wszelkimi finezjami, iż szukano tam rozwiązania kwestji krycia wysokich i krótkotrwałych szczytów, kosztem nadmiaru energii w porze nocnej. Zasada bowiem zakładów pompowych polega na tym, iż na wysokich wzgórzach buduje się zbiorniki sztuczne, które połączone są możliwie najkrótszymi rurociągami po stoku gór ze zbiornikami dolnymi, położonymi w dolinie rzeki.

W porze nocnej, kiedy zapotrzebowanie energii spada do minimum, a unieruchomienie wszystkich zakładów cieplnych nie opłaca się i występuje podaż nadmiaru energii wodnej, po cenie znacznie niższej od dziennej — pompuje się wodę z dolnego zbiornika do górnego poto, by zmagazynowaną energię w górnym zbiorniku oddać z powrotem w godzinach wieczornych następnego dnia, dla krycia szczytów, ale już po cenie droższej.

Według danych dla niemieckich zakładów, współczynniki sprawności dla zakładów pompowych wynoszą: 1) po stronie pomp 0,8; 2) po stronie generatorów 0,82; razem 0,66.

Odpowiednia więc różnica w cenie prądu w porze nocnej i wieczornej pozwala na wyprowadzenie rachunku rentowności tych zakładów, z uwzględnieniem włożonych kosztów na budowę tych zakładów.

Jak już wspomniałem, są to już pewne finezje, które u nas staną się aktualne w II-gim etapie elektryfikacji.

Przystępując teraz do oszacowania naszych zasobów sił wodnych i projektowanych zakładów w bliższej i dalszej przyszłości — na wstępie muszę skorygować, a właściwie uzupełnić cyfrę sumaryczną energii wodnej jaką rozporządzamy, przez dodanie zasobów z centrum kraju, o których mówiłem, iż nie zaliczają się do I kategorii sił — lecz ze względów specjalnych będą mogły być wykorzystane.

Tak więc ogólny wykaz sił wodnych przedstawia moc 1.915.000 *kW* o przeciętnej zdolności produkcji rocznej: 11.148.000.000 *kWh*.

Bliżej natomiast zbadane siły wodne, dla których studia i projekty generalne mniej lub więcej szczegółowo zostały przeprowadzone, a które są predestynowane do wykorzystania w pierwszej kolejności, jako najintratniejsze wykazuje poniższe zestawienie:

W okręgu podkarpackim, dla 60 zakładów z czego 52 zakłady usytuowane są w dorzeczach Soły, Dunajca i Sanu, a 8 zakładów w dorzeczu Dniestru i Prutu, uzyskać można 520.000 *kW* mocy i 2.116.000.000 *kWh;*

W okręgu środkowym, dla 45 zakładów z czego 2 — na Wiśle, 25 — na Bugu i „Kanale roboczym", 13 — na Warcie oraz kilka na mniejszych dopływach — osiągnąć można 281.900 *kW* oraz 1.230.000.000 *kWh* rocznej produkcji;

W okręgu pomorskim, dla 16 zakładów — na Brdzie, Czarnej Wodzie, Drwęcy i Wierzycy — osiągnąć można 49.420 *kW* przy rocznej produkcji 356.000.000 *kWh,* wreszcie;

W okręgu wileńskim dla 4 zakładów na Wilii z dopływami analogiczne cyfry wynoszą 39.000 *kW* i 224.000.000 *kWh*.

Łącznie więc wyszczególnione moce i energie w 130 projektowanych zakładach, — które są bliżej poznane, a opracowanie projektów dla nich będzie zakresem działania Biura Dróg Wodnych na szereg lat — stanowią 891.020 *kW* mocy i 3.934.000.000 *kWh* energii t. j. 35% istniejących zasobów.

Na tle tych 130 zakładów — wysunęła się budowa 34 zakładów, które włączono do 30-

letniego programu inwestycji wodno - energetycznych.

Moc tych 34 zakładów 30 - letniego programu wynosi 479.500 *kW* a produkcja roczna ok. 2 *mld kWh* (1.949.000.000) z czego na poszczególne okręgi przypada w procentach:

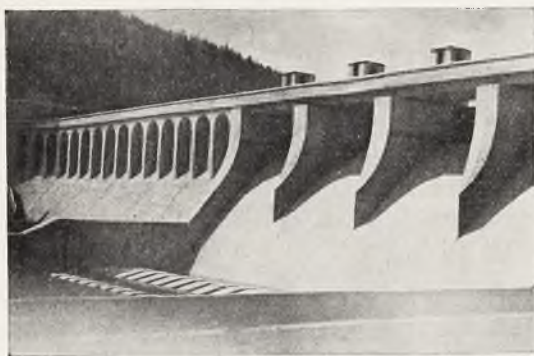
1) w podkarpackim 46% ogólnej produkcji.
2) w środkowym 43% " "
3) w wileńskim 8% " "
4) w pomorskim 3% " "



Rys. 1. Ogólny widok zapory w Porąbce.

Koszt tych zakładów obliczono na 588 milionów złotych, w czym zawiera się już koszt uzyskanych zbiorników retencyjnych o łącznej pojemności 2601 miliona m^3, przyczyniających się znacznie do złagodzenia klęsk powodziowych i do poprawy warunków żeglugi.

Obliczony koszt własny produkowanej energii w wymienionych 34 zakładach waha się od 0,8 do 10 groszy za 1 *kWh*, przeważnie jednak leży w granicach 2 — 4 groszy.



Rys. 2. Zapora w Porąbce od strony dolnej wody.

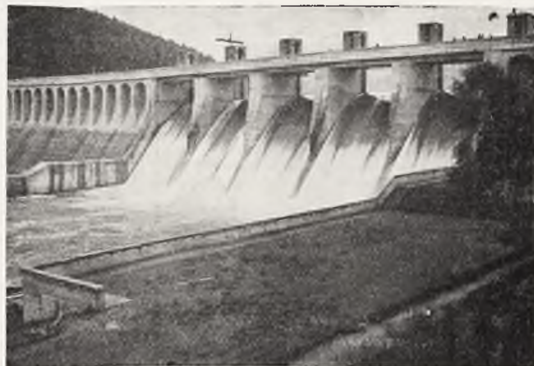
W rachunkach tych przy kalkulacji ceny przyjęto koszty eksploatacji w wysokości 13% od wyłożonego kapitału na budowę. W kwocie tej mieszczą się kwoty oprocentowania, amortyzacji, funduszu odnowienia maszyn i koszty utrzymania oraz ruchu.

Założenia te naogół są dość rygorystyczne, szczególnie dla państwowych instytucji, w których koszta oprocentowania kapitału, amortyzacji i utrzymania zakładu mogą być niższe.

Ceny te odpowiadają 100 procentowemu zbyciu energii, będącej do dyspozycji w tych zakładach w przeciętnym roku, oraz przy obciążeniu elektrowni wodnych wszystkimi kosztami związanymi z budową zbiorników dla tych zakładów.

W praktyce w pierwszym okresie eksploatacji zakładów wodnych, tak zresztą jak w każdej prawidłowo zaprojektowanej elektrowni cieplnej na całkowity zbyt liczyć nie można, ale też i w tych zakładach część kosztów i to znaczna — przerzucona może być na działy gospodarki wodnej jak akcja przeciwpowodziowa lub żeglugowa, a zatem koszt własny energii utrzymany zostanie w granicach niższych od wyżej podanych.

Żeby nie przeciążać opisem i cyframi wszystkich 34 zakładów, które znalazły się w 30 - letnim programie[1]) inwestycyjnym — wyszczególnię te zakłady których budowa



Rys. 3. Porąbka. Przelewy czynne.

jest już rozpoczęta, względnie jest projektowana w najbliższych latach.

A więc w porządku chronologicznym.

1) P o r ą b k a n a S o l e (rys. 1 — 3) kwalifikuje się do tej grupy budowli wodnych, w której korzyści przeciwpowodziowe i żeglugowe są tak doniosłe, że usprawiedliwiają włożony kapitał w inwestycje zbiornika i zapory.

Od chwili więc oddania do użytku tego zbiornika t. j. od 13-go grudnia 1936 r., czeka na przyszły zakład jak gdyby bezpłatna potencjalna energia zawarta w wytworzonym zbiorniku i spadzie i do przeprowadzenia rachunku rentowności wprowadzić trzeba li tylko wydatki nowe na część mechaniczno - elektryczną.

Po spełnieniu zadań przeciwpowodziowych, wyrażających się pewnymi stratami wody t. zw. jałowej, w pewnych okresach roku dla częściowego opróżnienia zbiornika — pozostała woda robocza przechodząca przez

---

[1]) Inż. H. Herbich. Zagadnienie sił wodnych W-wa 1938.

turbiny dostarczyć może przeciętnie 27 *mio kWh* rocznie.

Opierając się na gruntownej analizie wyboru najkorzystniejszej mocy — zdecydowano dla Porąbki rolę zakładu wybitnie szczytowego z mocą 20.000 *kW*. Jak wynika z planu gospodarki energetycznej na zbiorniku użytkowe spady wahać się będą w granicach 16 — 18 *m*, osiągając maxymalnie 21 lub



Rys. 4. Widok doliny w Rożnowie.

minimalnie 14 *m*. Miesięczna produkcja energii wahać się będzie w granicach od 1,5 do 3,5 *mio kWh*.

Koszt budowy samego zakładu z całkowitym wyposażeniem trzech turbin i generatorów preliminowany jest na 4 *mio zł.*, a koszt



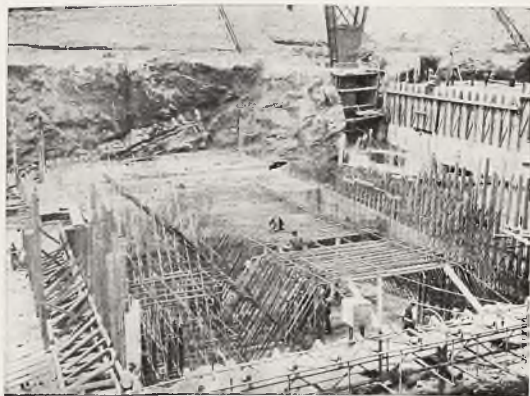
Rys. 5. Zakotwianie przeciwślizgowe fundamentów w skale. Widok fabryki betonów.

własny wyprodukowanej energii 1,7 *gr/kWh*, przy założeniu, jak wspomniałem wyżej iż rachunek rentowności zakładu obciążać będzie tylko wspomniany koszt 4 milionów zł., na budowę samego zakładu.

Obecnie w związku z tworzeniem Towarzystwa Sieciowego, dla rozwiązania problemu elektryfikacyjnego okręgu krakowskiego, rozpoczęto przygotowania do budowy na razie jednego agregatu na 6800 *kW*, by w tej zbiorowej akcji kilku elektrowni tego okręgu, Porąbka wzięła udział jako jedno ze źródeł o wysokiej wartości z uwagi na swój charakter szczytowego zakładu.

Drugim z kolei zakładem w budowie jest:

Rożnów na Dunajcu (rys. 4 — 8). Zbiornik Rożnowski 7 - miokrotnie większy od Porąbkowskiego, t. j. posiadający pojemność 228 milionów m^3, co go zalicza do rzędu największych zbiorników w Europie, posia-



Rys. 6. Dolne zbrojenie fundamentów.

dać oczywiście będzie znacznie większy zasięg wpływów dla złagodzenia skutków klęski powodzi, jak również dla poprawy warunków żeglugi na Wiśle, przez zwiększenie stanów wody w okresie posuchy.

Przy zaporze w Rożnowie budowana jest równocześnie elektrownia wodna i sieć wyso-

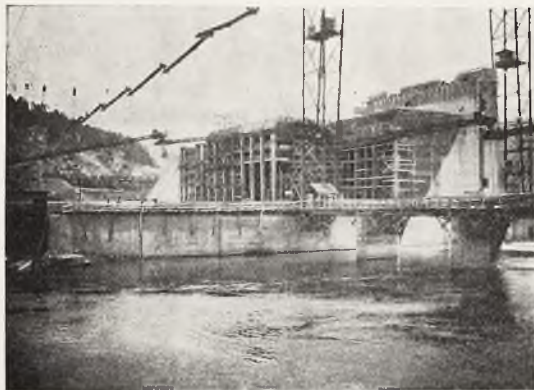


Rys. 7. Rożnów. Widok na zaporę od górnej wody.

kiego napięcia w celu wykorzystania, dla celów elektryfikacyjnych dużej ilości ok. 150 milionów *kWh* rocznie przy mocy 50.000 *kW* w 4 agregatach po 12.500 *kW*.

Głównym elementem budowy jest zapora, której kubatura wyniesie 390.000 m^3 betonu, a wymiary 550 *m* długości i 50 *m* wysokości łącznie z fundamentami. Spad wody osiągnie max. 31,5 *m*. Do tej pory wykonano 100% wykopów i wyłomów pod fundamenty (600.000 m^3) oraz 65% betonów t.j. 270.000 m^3, wszystkie roboty przygotowawcze jak insta-

lacje do wyrobu i taśmowego transportu betonów z wydajnością 100 m^3/*godz*, kolejkę 18 *km* długości dla dowozu materiałów, głównie cementu w ilości 100.000 *ton*, 50 *km* linii wysokiego napięcia 30 *kV* z Mościc, budynki administracyjne, baraki, wodociągi, 600 *m*



Rys. 8. Rożnów. Zakład wodnoelektryczny i kanał prowizoryczny do odprowadzania wód Dunajca.

grodzi żelaznych, 1½ *mio kg* zastrzyków cementowych i t. p.

Równolegle prowadzona jest akcja wywłaszczeniowa dla obszaru 1900 *ha* oraz budowa dróg o ulepszonej nawierzchni w rejonie zbiornika na długości kilkudziesięciu *km*. Wreszcie pozamawiane zostały instalacje mechaniczno - elektryczne jak: 4 turbiny systemu Kaplana, 4 generatory, 7 segmentów o wymiarach 6 x 12 *m* rury spustowe wraz z zasuwami na przelewach, których to instalacji montaż już się rozpoczął.

Całkowity koszt budowy preliminuje się na 45 *mio* złotych, a koszt własny 1 *kWh* wy-



Rys. 9. Baraki mieszczące kierownictwo budowy zbiornika i zakładu wodnoelektrycznego w Czchowie na Dunajcu.

niesie 1,6 *gr* przy założeniu odciążenia zakładu kwotą 20.000.000 *zł* która to kwota jest amortyzowana korzyściami powodziowymi i żeglugowymi, lub też 2,3 *gr* za 1 *kWh* przy obciążeniu zakładu elektrycznego wszystkimi kosztami budowy zbiornika, zapory i t. d.

W rachunku tym nieuwzględniono kosztów transformacji i przeniesienia. W praktyce naogół przy obliczeniach ceny własnego kosztu prądu, na całkowity zbyt liczyć nie można a więc wprowadzać należy odpowiednie współczynniki do cen własnych w zależności od przypuszczalnych przewidywań.

Zjawisko pierwszych „chudych" lat jest powszechne w każdym prawidłowo zaprojektowanym zakładzie elektrycznym niezależnie od napędu i rentowność nie może być obliczona pod kątem kalkulacji pierwszego okresu działania, a obejmować winna okres kilkuletniej pracy zakładu.

Dla omawianego wypadku pracy energetycznej w Rożnowie i Czchowie okres pierwszych lat eksploatacji zapowiada się raczej korzystnie. Oba bowiem zakłady o łącznej zdolności produkcji ok. 200 *mio kWh* i różnych charakterach pracy (pierwszy — szczytowej, drugi — podstawowej) zostaną włączone do współpracy z zakładami cieplnymi o napędzie



Rys. 10. Czchów. Budowa drogi dojazdowej do kolonii mieszkalnej.

węglowo - gazowym położonymi również na terenie C. O. P-u w Mościcach i Nisku dla potrzeb tego okręgu przemysłowego i na przesyłkę do centrum kraju. W tej współpracy praca zakładów cieplnych dostosowana będzie przede wszystkim do zdolności produkcyjnej zakładów wodnych, w różnych porach roku, tak, aby zakłady wodne mogły być wykorzystane niemal w 100%, niedopuszczając do przelewania się wody jałowej.

W wyniku takiej współpracy uzyska się nietylko zbyt energii zakładów wodnych ale i ekonomię w eksploatacji zakładów wszystkich współpracujących, wobec wzajemnych rezerw, a w związku z tym obniżkę przeciętnego kosztu wyprodukowanej energii.

Fakt ten podkreślam tym dobitniej, że słyszy się głosy dowodzące (m. in. na zjeździe elektryków we Lwowie w roku 1937).

1) niezrozumienia możliwości skoordynowania pracy zakładu wodnego dla potrzeb energetycznych z jego równoczesną rolą, jako zbiornika, dla celów gospodarki wodnej.

2) nieufności w możliwość wykorzystania całej rozporządzalnej energii na zbiorniku, a tym samym niskich kosztów wyprodukowanej

jednostki energii, wobec bardzo niskich kosztów eksploatacji zakładu.

Z wiosną bieżącego roku przystąpiliśmy do budowy trzeciego z kolei zbiornika i zakładu wodno - elektrycznego w Czchowie na Dunajcu, (rys. 9 — 11), usytuowanego 13 *km* poniżej Rożnowa, a stanowiącego integralną jego składową dla współpracy w gospodarce wodnej i energetycznej. Zadaniem bowiem zbiornika w Czchowie jest wyrównanie odpływów ze zbiornika w Rożnowie, a zadaniem zakładu — produkcja podstawowej energii elektrycznej. Chcąc bowiem spełnić warunek dostarczenia możliwie stałego przepływu w ciągu całej doby dla celów żeglugi — przy pozostawieniu równocześnie zupełnej swobody energetycznej zakładowi w Rożnowie, którego charakter jest szczytowy, należy posiadać dolny zbiornik wyrównawczy dla powtórnego wyrównania przepływów w ciągu doby. Tę to rolę spełniać będzie zbiornik w Czchowie. Prawdopodobny czas pracy zakładu w Rożnowie wyniesie 6 — 8 godzin na dobę, wykorzystując w tym czasie całodobowy przepływ, a zatem uzyskując parokrotnie większe moce.



Rys. 11. Czchów. Przebudowa drogi Tarnów-Nowy Sącz.

W pozostałych godzinach, gdy zakład będzie nieczynny zbiornik Rożnowski będzie magazynował wodę w zbiorniku, nie wypuszczając wody jałowej.

Taki stan bardzo korzystny dla 100% wyzyskania możliwości energetycznych zakładu — odbijałby się fatalnie na stosunkach wodno - komunikacyjnych na Wiśle, gdyż wyrażał się aperjodyczną pulsacją przepływów w każdej dobie w granicach 0 — 200 m^3/s.

Przez budowę zbiornika w Czchowie uniknie się wyżej wspomnianych ujemnych skutków działania zakładu Rożnowskiego i nietylko przywróci się obecny stan, ale znacznie się poprawi stosunki wodne, gdyż w rezultacie otrzymuje się przy współpracy tych dwóch zbiorników znaczne wyrównanie przepływów w roku, przez podniesienie niskich stanów, kosztem zamagazynowania wód powodziowych.

Zakład wodno - elektryczny w Czchowie, stanowić będzie dalsze źródło energii, zastępujące niekorzystnie usytuowany nasz węgiel kamienny, włączone do sieci wysokiego napięcia 30 *kV*, zasilającej państwową karpacką szynę zbiorczą 150 *kV*, będącą podstawą systemu elektryfikacji C. O. P'u i dalej po Warszawę.

Produkcja roczna zakładu w Czchowie wyniesie przeciętnie 47 *mio kWh*, co pozwoli na użytkowanie zainstalowanej mocy 10 000 *kW* przez 4700 godzin rocznie.



Rys. 12. Turniszki. Widok doliny Wilii.

Główne elementy zapory w Czchowie są następujące: Długość — 430 *m*, wysokość nad dolnym korytem rzeki 13 *m*, a maksymalna wysokość zapory od najniższego punktu fundowania 23 *m*. Część przelewowa zapory w postaci jazu segmentowego długości 94 metry, składać się będzie z 6 zamknięć segmentowych o szerokości 12,7 *m* i wysokości 7,5 *m*.

Przewidywany koszt budowy preliminowany jest na 13.000.000 zł.

Turniszki na rzece Wilii (rys. 12 — 14). Również w bieżącym roku, lecz w drugiej połowie, rozpoczęto budowę zakładu wodno - elektrycznego w Turniszkach na rzece Wilii, w miejscowości położonej około 10 *km* na wschód od Wilna, t. j. 2 *km* powyżej Werek. Spiętrzone zostanie zwierciadło wody o 13 *m* zaporą, w korpusie której, zainstalowany będzie zakład o mocy

14 000 *kW* i o stosunkowo olbrzymiej zdolności produkcyjnej bo w ilości 86 *mio kWh* rocznie t. j. około 60% produkcji Rożnowa.

Ten korzystny stosunek jest wynikiem: 1) obfitości wody w rzece Wilii, nawiasem mówiąc dwa razy większej od Dunajca w Rożnowie; 2) bardzo dogodnego rozkładu przepływów w poszczególnych porach roku, wyrównanego licznymi naturalnymi zbiornikami t. j. jeziorami w dorzeczu. Np. stosunek małych wód do wielkich na Dunajcu wynosi 1 : 1000 na Wilii 1 : 40. Wahania produkcji w poszczególnych miesiącach wynoszą od 5.0 do 8.7 *mio kWh*.

Pod względem konstrukcyjnym zakład składać się będzie z zapory, która wykonana będzie w przyczółkach jako zapora ziemna z rdzeniem iłowym, a w środkowej swej części będzie właściwą zaporą betonową, w której umieszczone będą przelewy dla odprowadzenia nadmiaru wód, oraz śluza płucząca, umożliwiająca spuszczanie wody ze zbiornika, dla ewentualnego oczyszczenia, napraw w zaporze, i t. p.



Rys. 13. Turniszki. Budowa drogi dojazdowej do zakładu wodnoelektrycznego.

Poza tym w tej części zapory znajdować się będzie właściwy zakład z dwoma turbo - generatorami i kanałem odprowadzającym. Dla utrzymania żeglugi i spławu zainwestowana będzie równocześnie śluza komorowa w której obiekty pływające pokonywać będą spad 13-to metrowy.

Wreszcie dla umożliwienia wędrówki rybom, które na Wilii specjalnie w porze jesiennej zmierzają w górne biegi rzek, zainstalowana będzie przepławka dla ryb, złożona z kilkudziesięciu basenów o wymiarach 3 x 6 x 1.6 *m* usytuowanych o 40 *cm* wyżej jeden nad drugim, które to stopnie ryby będą przeskakiwały. Analogiczne instalacje przewidziane są w Rożnowie i Czchowie.

Opracowaniem projektu i budową analogicznie do poprzednio opisanych zakładów wodno elektrycznych — kieruje Biuro Dróg Wodnych Ministerstwa Komunikacji, jako naczelny urząd gospodarki wodnej, posiadający możność uwzględnienia całości potrzeb żeglugi, energetyki i obrony Państwa oraz połączenia interesu publicznego z prywatnym.

Eksploatacja zaś zakładu należeć będzie prawdopodobnie do miasta Wilna, wyłącznie lub częściowo, które po zaspokojeniu własnych potrzeb, i po uzyskaniu odpowiednich uprawnień elektryfikacyjnych od Ministerstwa Przemysłu i Handlu, będzie mogło nadmiar



Rys. 14. Turniszki. Zabijanie ścianek szczelnych.

energii rozporzestrzenić po okolicy bliższej i dalszej dla rozwinięcia przemysłu.

Zważywszy że w pierwszych latach eksploatacji nadmiar tej energii będzie znaczny, nawiasem mówiąc, obecne spożycie energii przez Wilno wynosi 12 *mio kWh* — a Turniszki dostarczą 86 *mio kWh* a więc blisko 7 razy więcej, oraz iż cena własna prądu wobec niedużych kosztów budowy na 14 *mio* złotych, będzie bardzo niska, bo około 1 grosza za *kWh* i tym niższa im bardziej zakład będzie obciążony t. j. wyzyskany — możliwości rozwoju nowego przemysłu opartego na surowcu drzewnym, szczególnie tanio spławnym Wilią z górnego dorzecza będą bardzo pomyślne.

Z kolei w bieżącym roku są w opracowaniu projekty dalszych zbiorników na S a n i e w Z a b r o d z i u (rys. 15) i w C z o r s z t y n i e n a D u n a j c u, które stanowić będą dalsze ogniwa w rozbudowie systemu zbiorników retencyjnych dla unieszkodliwienia wód powodziowych karpackich dopływów Wisły, oraz użytkowania ich dla celów

elektryfikacyjnych. Budowa ich przewidziana jest w drugim etapie obecnego 4-letniego programu inwestycyjnego.

Pierwszy z nich t. j. zbiornik w Solinie-Zabrodziu posiadać będzie 270.000.000 m^3 pojemności, a więc więcej niż Rożnów, spad brutto 47,5 *m*, co pozwoli na zainstalowanie 30.000 *kW* przy rocznej produkcji energii około 85.000.000 *kWh*. Wyposażając ten zakład o charakterze szczytowym, analogicznie jak Rożnów, w dolny zbiornik wyrównawczy na dole w Myczkowcach (nawiasem mówiąc częściowo wykonany z inicjatywy prywatnej) — uzyskuje się dodatkowo 4000 *kW* mocy i 22.000.000 *kWh* energii rocznej.

Drugi wspomniany zakład w Czorsztynie na Dunajcu posiadałby zbiornik o pojemności 38.000.000 m^3, spad 25 *m*, moc 10 000 *kW* i zdolność produkcyjną 45.000.000 *kWh* rocznie.

W dalszej perspektywie wyzyskania sił wodnych w okręgu podkarpackim przewidziane są: Jazowsko na Dunajcu o mocy 32.000 *kW* i 145.000.000 *kWh* produkcji, oraz Lesko-Łukawica i Studenne na Sanie. Te dwa ostatnie zakłady na Sanie dostarczyć by mogły 140.000.000 *kWh* energii i 38.000 *kW* mocy.

Niezależnie od tej akcji energetycznej na Podkarpaciu, i na Kresach, która stanowić będzie podstawę rozwoju przemysłu w Centralnym Okręgu Przemysłowym, a jej nadmiar transportowany po Warszawę — lub też uprzemysłowi ziemie wschodnie, rozwija się akcja wykorzystania energii wodnej w samym centrum Polski. Wynika ona z troski o uodpornienie kraju pod względem energetycznym, przez możliwie duże uniezależnienie się od węgla kamiennego.

Stąd powstały projekty zakładów na Wiśle pod Bielanami i na Wkrze pod Modlinem.

Sprawa budowy zakładu na Bielanach pod Warszawą jest obecnie technicznie rozważana na terenie ministerstwa Komunikacji w dwóch płaszczyznach: 1) łącznie z zagadnieniem uregulowania Wisły i 2) w związku z zapotrzebowaniem energii dla Warszawskiego Węzła Kolejowego.

Ponieważ Wisła musi być wreszcie systematycznie uregulowana, liczyć się trzeba, że w miarę postępu i realizacji tej regulacji powstanie nadmiar spadu, który najłatwiej koncentrować na jazach kanalizacyjnych.

Jaz na Bielanach byłby pierwszym z tych jazów i uporządkowałby sprawy wodnej komunikacji na terenie Wielkiej Warszawy. Przeprowadzone badania stwierdziły w podłożu iły, które stanowić będą doskonałe warunki dla fundowania jazu, tak pod względem nieprzepuszczalności, jak i wytrzymałości.

Uzyskane spiętrzenie wody jazem wyrażałoby się przeciętnym spadem 3,7 *m*, co przy dużych przepływach Wisły daje zdolności produkcyjne zakładu w ciągu roku w ilości 120 — 140 *mio kWh*, przy instalacji mocy 20 000 *kW*.

Pod względem konstrukcyjnym jaz składałby się 1) z progu betonowego, 2) z części stalowej ruchomej w postaci zasuw, i 3) mostu na filarach jazu.



Rys. 15. Solina-Zabrodzie. Teren dla budowy zapory i zakładu wodno-elektrycznego.

W progu byłyby umieszczone tunele dla ruchu kołowego, przewodów kanalizacyjnych, odprowadzających ścieki z całej Warszawy do wspólnej oczyszczalni ścieków na Pradze, wreszcie przewodów wodociągowych gazowych i elektrycznych.

Z obliczonego kosztorysu wynika, że całkowity koszt preliminowany jest na 33 *mio zł*. a koszt produkcji 1 *kWh* wypada 1,50 *gr*. przy obciążeniu zakładu elektrycznego wszystkimi kosztami budowy, lub 1,21 *gr/kWh* przy odliczeniu kosztów mostu.

W rzeczywistości będą mogły być przerzucone dalsze koszty na gospodarkę wodną z uwagi na uzyskane korzyści regulacyjne (czytelników których ten projekt zainteresowałby szczegółowiej odsyłam do artykułu „Gospodarka Wodna" Nr. 3 p. t. „Zakład wodno - elektryczny na Wiśle pod Bielanami w Warszawie" streszczony przez autorów: Prof. Dr K. Pomianowskiego. Inż. H. Herbicha oraz Inż. Z. Zmigrodzkiego).

Traktując budowę tego zakładu o charakterze przepływowym łącznie z budową zbiornika na Wkrze pod Modlinem, przy którym stanąłby projektowany przez Biuro Dróg Wodnych zakład wybitnie szczytowy o mocy 15.000 *kW* i produkcji 15 *mio*

kWh, — uzyskałoby się racjonalny zespół wzajemnie się uzupełniający dla zmiennej krzywej zapotrzebowania Warszawskiego Węzła Kolejowego.

Z dalszych projektów, które sukcesywnie stawać się będą aktualnymi, w miarę gdy te, które wyszczególniłem będą na ukończeniu wymienię tylko dwa, a mianowicie: 1) Uniż na Dniestrze o mocy 30.000 *kW* i 187.000.000 *kWh* i 2) Koronkowo na Brdzie o mocy 20.000 *kW* i produkcji 37.000.000 *kWh*.

Reasumując stwierdzić można, iż dopiero w ostatnim czteroleciu uznano potrzebę wykorzystania sił wodnych na równi z innymi rezerwowymi surowcami energetycznymi dla rozpoczęcia planowej elektryfikacji kraju opartej o wielokrotne źródła energii, rozmieszczone po całym kraju i połączone sieciami napięcia.

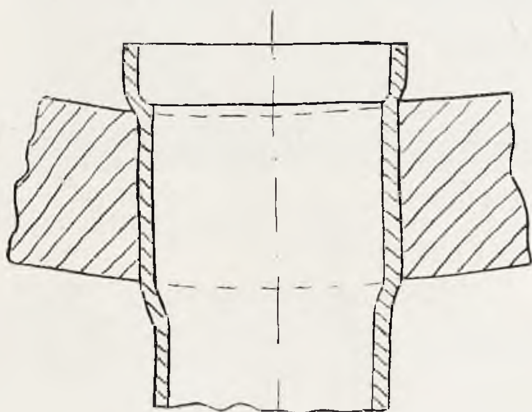
W tymże ostatnim okresie lat pogłębiono studia hydrotechniczne, przeprowadzono szereg projektów, rozpoczęto budowę paru zakładów, których bliskie ukończenie, stanowić będzie pierwszy świadomy krok naprzód w tej dziedzinie, dla podniesienia potencjału gospodarczego i obronnego kraju.

R. BIEDRZYCKI, inż. i W. PAC, inż.

PĘKANIE OPŁOMEK W MIEJSCACH ZAWALCOWANIA.

W Łódzkim okręgu włókienniczym w ostatnich tygodniach nastąpiły dwa analogiczne wypadki uszkodzeń kotłów opłomkowych o nowoczesnej konstrukcji. Uszkodzenia te polegały na rozerwaniu opłomek w kierunku poprzecznym do osi rury, przy czym pękanie następowało w części opłomki, zawalcowanej w ściance walczaka lub sekcji kotła.

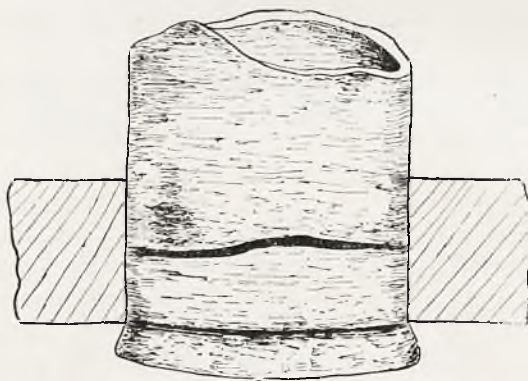
Wypadki te nasuwają poważniejsze refleksje, gdyż są one groźne dla siłowni, powodując natychmiastowe wytrącenie z ruchu przeważnie wielkiej jednostki kotłowej i wystawiając obsługę kotłowni na niebezpieczeństwo poparzeń. Ważne jest więc zbadanie przyczyn powstawania tych uszkodzeń oraz obmyślenie środków zaradczych, zwłaszcza, że uszkodzenia te występują w części rury, zasłoniętej ścianką walczaka, a więc szczególnie trudnej do obserwacji.



Rys. 1

Sposób umocowania opłomki w walczaku kotła przedstawiony jest szkicowo na rys. 1. Część końcowa rury obsadzona jest w swym gnieździe w walczaku przez roztłoczenie jej na większą średnicę za pomocą rozwalcowania. Koniec rury wystający ponad wewnętrzną powierzchnię ścianki walczaka, rozwalcowany jest na jeszcze większą średnicę, aby zapobiec wyciągnięciu opłomki na wypadek rozluźnienia jej zamocowania w gnieździe. W tym też celu otwór walczaka posiada niekiedy jeden lub więcej pierścieniowych rowków, w które wwalcowuje się dodatkowo ściankę opłomki.

Charakter pękania opłomek przedstawiony jest schematycznie na rys. 2. Uszkodzenia te powstają zatem w części rury, umocowanej w gnieździe i przez to całkowicie niedostępnej na zewnętrznej powierzchni opłomki.



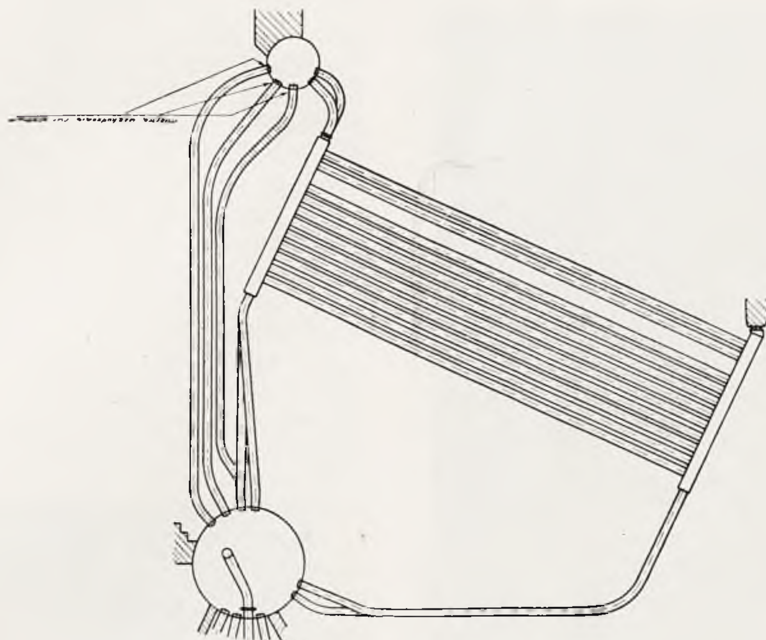
Rys. 2. **Poprzeczne pękuięcie rury w miejscu zawałcowania.**

Pierwszy z opisywanych wypadków zdarzył się w kotle o powierzchni ogrzewalnej 600 m^2, zbudowanym na ciśnienie 25 *atn*. Rys. 3, przedstawiający schemat tego kotła, wskazuje jednocześnie miejsca ujawnionych uszkodzeń. Z pośród 6 jednakowych rur opadowych 4 sztuki okazały się rozerwane w miejscach rozwalcowania ich w błotniku, skupiającym w sobie również zakończenia rur, prowadzących od tylnych sekcji kotła.

Rys.4 przedstawia fotografię końcówki jednej z uszkodzonych rur, po jej wybiciu z gniazda. Pęknięcie otwarte na znacznej dłu-

gości przebiega równolegle do rozwalcowanego rowka pierścieniowego.

Drugi podobny wypadek zdarzył się w kotle o powierzchni ogrzewalnej 1050 m^2, pracującym przy ciśnieniu 35 *atn*. Przednia ściana paleniska wyłożona jest rurami opromieniowanymi, jak to pokazane jest na rys. 5, przedstawiającym dolną część kotła.



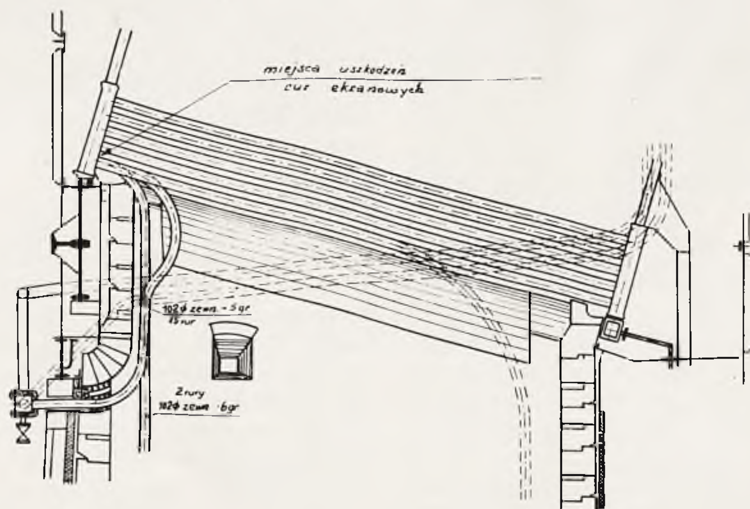
Rys. 3

Jedna z tych rur pękła na całym obwodzie w miejscu jej wwalcowania w sekcję i została zupełnie wyrwana z kotła, jak to przedstawia fotografia (rys. 6). Mieszanka wody z parą wybuchła do paleniska, a ponieważ kocioł pracował pod pełnym ciśnieniem, skutki tego wypadku mogły być groźne. Odcinek urwanej rury przedstawiony jest na rys. 7.

Po zatrzymaniu kotła przystąpiono do skontrolowania wszystkich rozwalcowanych miejsc pozostałych rur ekranowych i cztery z nich wybito jako podejrzane. Z tej liczby 3 sztuki, a mianowicie rury Nr 2, 9 i 11 (licząc od lewej strony, patrz rys. 8) ujawniły groźne już pęknięcia obwodowe w tymże miejscu zawalcowania. Uszkodzenia te widoczne są na rys. 9.



Rys. 4



Rys. 5

Opisane wypadki są u nas na szczęście nieliczne, ale z tego względu nie dają dostatecznego materiału dla wysnucia wniosków. Dlatego dążąc do wytłumaczenia opisanych zjawisk i ustalenia pewnych wytycznych dla



Rys. 6. Przednia ściana kotła po urwaniu rury ekranowej.

podjęcia koniecznych badań należy sięgnąć do doświadczenia innych środowisk, które od dłuższego czasu cierpią na analogiczne niedomagania.

W państwach zachodnich zwrócono szczególną uwagę na wodę zasilającą, przypisując uszkodzenia opłomek chemicznemu działaniu składników wody kotłowej. Odmiennego zapatrywania jest technika wschodnio - europejska, posiadająca doświadczenie na podstawie obserwacji, przeprowadzonych w 15 dużych elektrowniach.

W różnych kotłach uszkodzenia te występowały bardzo rozmaicie. Podczas gdy w jednych kotłach obserwowano tylko pojedyncze wypadki, to w innych znów uszkodzenia ujawniały się odrazu w kilku setkach opłomek. Pęknięcia powstawały też w różnych okresach pracy. Np. w jednej kotłowni uszkodzenia wystąpiły już w pierwszym miesiącu pracy kotła, a po usunięciu wadliwych rur wkrótce pęknięcia występowały na nowo. W innej instalacji pierwsze uszkodzenia rur wystąpiły dopiero po 28 tysiącach godzin pracy.

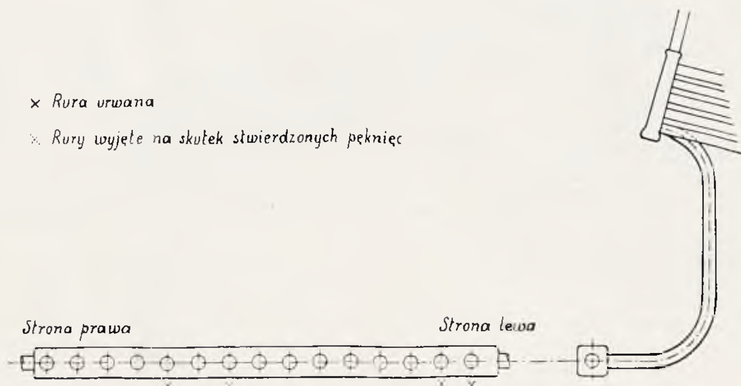
Prowadzone w ciągu kilku lat obserwacje doprowadziły do wniosku, że w różnych przypadkach przyczyny powyższych zjawisk bywają dość różne. Jednak najczęściej spotykaną jest niedostateczna kompensacja wydłużeń cieplnych, jakie powstają w poszczególnych częściach systemu kotła, a w szczególności w rurach opromieniowanych. Dlatego przed każdym uruchomieniem kotła zalecane jest



Rys. 7. Odcinek rury ekranowej.

staranne sprawdzenie możności swobodnego przesuwania się właściwych części systemu oraz swobodnego wydłużania się opłomek, a zwłaszcza rur opromieniowanych. Niebezpieczeństwo pękania opłomek w miejscach zawalcowanych zachodzi tym silniej w wypadkach niedostatecznego zabezpieczenia jednakowej cyrkulacji wody w poszczególnych rurach lub też przy szybkich zmianach w obciążeniu kotła.

Opracowana na podstawie przytoczonych obserwacji instrukcja obsługi kotłów z podej-



Rys. 8. Skrzynka rur ekranowych.

rzanymi opłomkami podkreśla konieczność unikania nierównomiernych naprężeń cieplnych. Dlatego przed uruchomieniem należy zalewać kocioł niezbyt gorącą wodą i rozgrzewanie kotła prowadzić b. wolno. Podczas pracy kotła należy unikać silnych wahań temperatur w palenisku oraz zwracać uwagę, aby praca paleniska po obu stronach była możliwie jednakowa. Po zatrzymaniu kotła powinien on dłuższy czas stygnąć drogą naturalną bez żadnej wentylacji a spuszczanie wody z kotła powinno się zacząć nie wcześniej jak po 24 godzinach postoju. Gdy kocioł pozostaje w gorącej rezerwie trzeba również dbać, aby praca jego była możliwie równomierna, co jest dość kłopotliwe i dlatego często zbyt mało przestrzegane.

Drugą przyczyną pękania opłomek może być obniżenie jakości materiału wyjściowego na skutek używania gorszych surowców, zwłaszcza przy obecności w materiale większych ilości siarki i fosforu. Być może, że należałoby obostrzyć warunki odbiorcze zwłaszcza dla pewnych kategorii opłomek oraz rozszerzyć zakres prób odbiorczych.

Jednak nawet zupełnie dobry materiał opłomki może być uszkodzony przez niewłaściwe jej rozwalcowanie. Przekroczenie granicy płynności materiału rury przy rozwalcowaniu i następnie rozgrzewanie rur w ciągu pracy kotła powodują starzenie się miękkiej stali węglowej, związane ze spadkiem wydłużenia i udarności i ze wzrostem kruchości materiału rur w partiach zawalcowanych.

Sytuacja jeszcze się pogarsza, gdy wyżarzanie końca opłomki, dokonywane zwykle na montażu przed samym założeniem jej do gniazda i przeprowadzone w tych warunkach często w sposób prymitywny, było niewłaściwe, powodując przegrzanie materiału rury.

Jako inne przyczyny pękania rur przytaczane są też wibracje opłomek, powstające podczas pracy, zwłaszcza w kotłach wysokoprężnych. Wibracje te powodują z czasem zmęczenie materiału rur w miejscach ich zamocowania.



Rys 9. Trzy dalsze rury ekranowe z pęknięciami obwodowymi.

Przytoczone tu wypadki obcych badań dają pewne naświetlenie zjawiska pękania opłomek i stanowią ciekawy materiał dla prac, jakie trzeba podjąć u nas w celu rozwiązania tego zagadnienia.

Ze swej strony Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w obu opisanych wypadkach zarządziło przeprowadzenie badań materiału uszkodzonych opłomek. Po uzyskaniu wyników do tej sprawy jeszcze powrócimy.

KRONIKA TECHNICZNA.

I. Nowy typ kotła opromieniowanego.

Na dorocznym zjeździe Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników (American Society of Mechanical Engineers), który odbył się w Nowym Yorku w czasie od 30 listopada do 5 grudnia 1936 r., wygłoszono zbiorowy odczyt pp. E. G. Bailey'a, A. R. Smith'a i P. S. Dickey'a o nowym typie kotła opromieniowanego, skonstruowanego w Zakładach General Electric i Babcock-Wilcox. Streszczenie tego odczytu zostało ogłoszone w Nr 13, Czasopisma „Power" 1936.

Próbny kocioł tego typu nazwany „Steammotive" został zbudowany dla wytwarzania 9550 *kg* pary na godz. (21000 *lb per hr*) o ciśnieniu 105 *atn* (1500 *lb*) i temperaturze 482° *C* (900 deg. F.), przy opalaniu olejem. Kocioł ten przetrwał już próbny okres ruchu w ciągu 950 godzin, podczas których pracował dłuższy czas z wydajnością maksymalną trwałą, a także pod silnie wahającym obciążeniem. Obciążenie komory paleniskowej przekraczało podczas szczytów 3,560,000 kal/m^3h (400,000 B. t. u. per. cu. ft. per. hr), a 3,340,000 kal/m^3h podczas trwałej maksymalnej wydajności. Kocioł jest zautomatyzowany, przy czym zakres regulacji obejmuje granice wydajności w stosunku 10 do 1.

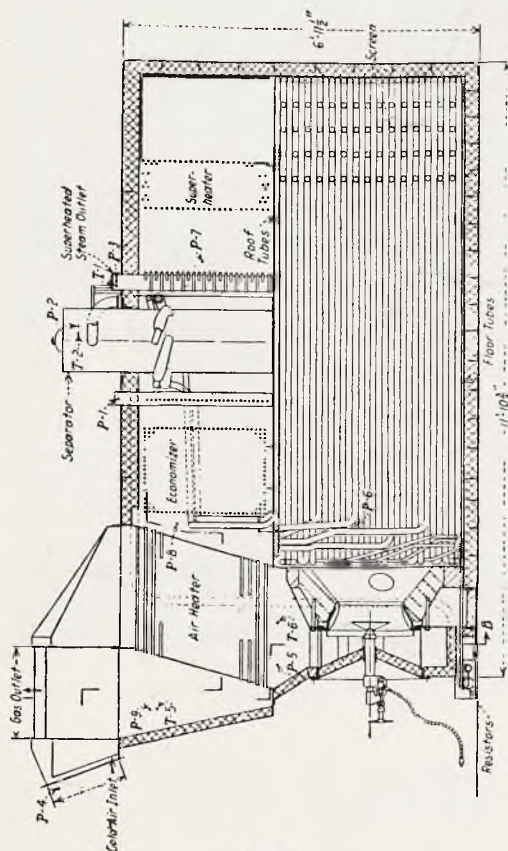
Rys. 1, przedstawia schematyczny szkic kotła. Jak wynika z podanych na nim wymiarów: długość kotła wynosi 3640 *mm*, wysokość 2120 *mm*; szerokość nie jest wprawdzie podana, można jednak wnioskować z innych danych, że przypuszczalnie będzie obracać się w granicach 1500 do 2000 *mm*. Szerokość i wysokość komory paleniskowej wynoszą po 1070 *mm*, a długość 2300 *mm*, zatem objętość jej wynosi 2,6 m^3. Na końcu komory znajdują się cztery rzędy opłomek. Koło nich płyną spaliny do góry i następnie zawracają do przodu przechodząc przez przegrzewacz, koło oddzielacza wilgoci, przez podgrzewacze wody i powietrza do komina.

Woda zasilająca jest doprowadzana przez podgrzewacz, w którym rozdziela się na 29 poziomo leżących wężownic, do 5 obiegów kotła, na które składają się: dolna, boczne i górna ściana paleniska oraz 4 rzędy opłomek w tyle paleniska. W tych obiegach wytwarza się para i odpływa do oddzielacza wilgoci, unosząc z każdego obiegu około 180 *kg* wody na godz. Woda z oddzielacza odpływa przez wymiennik ciepła do zbiornika wody zasilającej, a para przez przegrzewacz do turbiny. Tył i strop komory przegrzewaczowej są wyłożone rurami przegrzewacza, dla ochrony tych ścian

przed zbyt wysoką temperaturą. Rury przegrzewacza są wykonane ze stopu stalowego *KA2S*, zawierającego 18 % chromu i 8 % niklu. Przegrzewacz jest podwieszony na prętach sporządzonych, również ze stopu stalowego.

Podgrzewacz powietrza jest wykonany z 1515 prostych rur o długości 710 *mm* przypojonych do sit. Spaliny przepływają wewnątrz rur, a powietrze dookoła nich.

Wyloty pięciu rurowych obwodów kotła są doprowadzone stycznie do pionowego walczaka, stanowiącego oddzielacz wilgoci, z którego para odpływa dwoma rurami do przegrzewacza.



Rys. 1

Wszystkie urządzenia pomocnicze t. j. pompa zasilająca, wentylator powietrza dla paleniska i pompka oleju paliwowego są napędzane szybkobieżną turbinką, której ilość obrotów jest regulowana zależnie od wydajności kotła. Pojemność wodna jest mała, a cyrkulacja przymusowa, to też bardzo ważnym jest, aby dopływ wody odpowiadał stale ilości wytworzonej pary powiększonej o pewną stałą nadwyżkę, niezależną od obciążenia, która wydziela się w oddzielaczu wilgoci. Ruch kotła jest zautomatyzowany. Ilość paliwa jest regulowana tak, by ciśnienie pary było stałe, a dopływ powietrza utrzymywany stale w ilości odpowiadającej minimum potrzebnemu do dobrego spalenia.

Palnik olejowy jest wyposażony w pochodnię propanową z zapalnikiem iskrowym i foto-elektrycznym wskaźnikiem. Zapalanie odbywa się automatycznie: po zamknięciu załącznika zapalników, zaczynają one działać, poczym otwiera się dopływ propanu, po zapaleniu pochodni otwiera się dopływ oleju do palnika, gdy płomień olejowy się rozpali, wtedy wskaźnik foto-elektryczny wyłącza zapalniki i pochodnię. W razie zbyt wielkiego wzrostu ciśnienia lub temperatury pary, palnik jest wyłączany samoczynnie, a następnie włączany, gdy ciśnienie i temperatura wrócą do normy. W razie zgaśnięcia płomienia, przerwy w pracy pompy zasilającej i pompy oleju smarowego, również samoczynnie zamyka się dopływ oleju do palnika.

W tabelce są zestawione główne dane z próbnej pracy kotła.

Wydajność w *kg/h*	10000	7250	2300
Temperatura pary °*C*	490	465	410
Temperatura powietrza przed palnikiem °*C*	260	230	—
Sprawność %	75	—	85,5

Kocioł można doprowadzić w ciągu 10 minut do pełnej wydajności przy normalnym ciśnieniu i temperaturze.

W dyskusji po odczycie zapytywano przede wszystkim, jak będzie wyglądało czyszczenie rur z kamienia kotłowego. Wyjaśniono, że przewidywane jest wyłączne zasilanie kondensatem i destylatem. Znaczne zainteresowanie wzbudziło oświadczenie jednego z uczestników dyskusji, że pracował przez 2 lata kotłem zasilanym wodą morską, przyczym osady nie pozostawały w kotle, gdyż duża szybkość wody unosiła je. (Niestety brak jest bliższych danych, co to był za typ kotła i gdzie się ostatecznie podziewały wielkie ilości osadu z wody morskiej).

W dyskusji podnoszono, że kocioł „Steammotive" będzie się nadawał specjalnie do parowozów i statków, z drugiej strony kwestionowano to ze względu na skomplikowaną konstrukcję i stronę ekonomiczną pracy kotła tego typu.

W. R.

2. Konstrukcja i wyniki pracy nagrzewnic dmuchu z rur stalowych na wielkich piecach huty Röchling [1]).

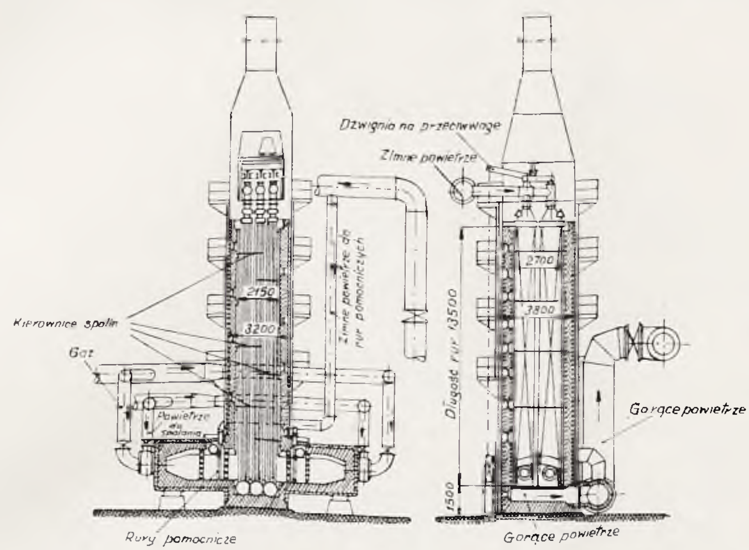
Nagrzewnica składa się z dużej ilości cienkościennych wiszących rur przez które przepływa ogrzewane powietrze z góry na dół. Spaliny omywają rury biegnąc w przeciwprądzie do powietrza. Rys. 1 przedstawia nagrzewnicę o przekroju prostokątnym i o rozbieralnej ścianie przedniej. Galeryjki nie tylko umożliwiają dostęp, ale usztywniają wieżę. Rury zgrupowano w trzech wiązkach, w które u góry uchodzą wyloty przewodu zimnego powietrza, a u dołu wieńczą je zbiorniki gorącego powietrza. W komorze spalania umieszczono pomocniczą przesłonę z rur, przez które również przepływa zimny dmuch. Te pomocnicze powierzchnie ogrzewalne są łatwe do wymiany i tworzą zasłonę, pochłaniającą promieniowanie i oziębiające płomień przed dojściem do głównej wiązki rur. Około 8% całkowitej ilości powietrza przepływa przez te zasłony, ogrzewając się do 800° *C*, a obniżając temperaturę spalin o 80° *C*. Rury główne w ilości 1320 sztuk po 13,5 *m* długości mają średnicę zewnętrzną 36 *mm*, a grubość ścianki w niższych strefach 2,5, w wyższych 2 *mm*. Zbiorniki gorącego powietrza, rury pomocnicze i 4000 *mm* od dołu w rurach głównych wykonano z austenitycznej stali chromoniklowej (25% *Cr*, 20% *Ni*), następne 2 *m* wykonano ze stali chromowej ognioodpornej (25% *Cr*), potem 2,3 *m* ze stali chromowej niskostopowej (6% *Cr*, 2% *Si*), wreszcie górne 5,2 *m* ze zwykłych rur mannesmannowskich. Zbiorniki są staliwne, cała konstrukcja spawana. Na napawanych no-

[1]) *A. Holschuh, Stahl und Eisen 58(1938) str. 721/27.*

skach opierają się przegrody ogniowe, które zajmują część przekroju nagrzewnicy, przedłużając drogę spalin dla lepszego wykorzystania ciepła.

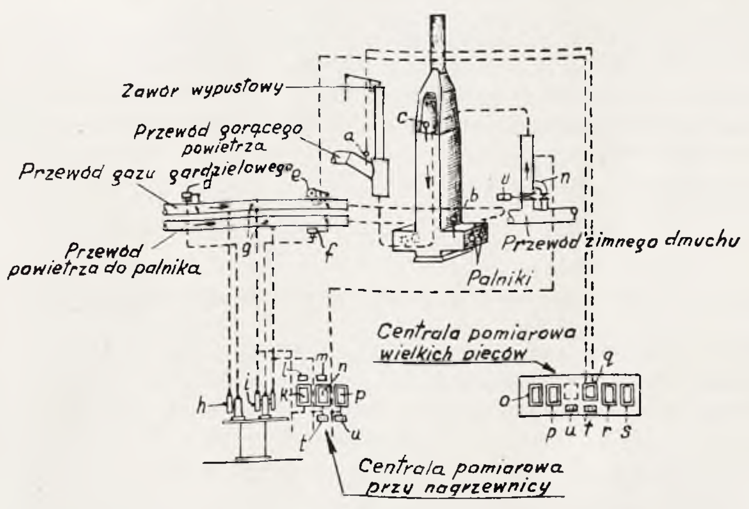
Zbiorniki gorącego powietrza wmurowano na stałe, zaś zbiorniki zimnego powietrza zaopatrzono w przeciwwagi, które siłą 48 t na wiązkę ciągną rury ku górze, umożliwiając jednak przez kompensatory w przewodach zimnego powietrza wyrównywanie zmian na skutek rozszerzalności. Bliższe dane o nagrzewnicach zestawiono poniżej:

Lekkie cegły izolacyjne . . .	100 t
Pow. ogrzewana głównych wiązek rur .	1765 m^2
Pow. ogrzewana pomocnicza . .	35 m^2
Ilość rur w głównych wiązkach . .	1320 szt
„ „ w pomocn. wiązkach . .	64 szt
Długość rur głównych . . .	13,5 m
„ „ pomocn. . . .	1,9 m
Wysokość bez komina . . .	18 m
Powierzchnia nagrzewnicy bez komina .	310 m^2
Przepływ powietrza	53000 m^3/h



Rys. 1. Nagrzewnica z rur stalowych na 53 000 nm^3/h powietrza o 750° C.

Ciężar całkowity	350 t
„ stali	200 t
Cegły ogniotrwałe . . .	50 t
Temp. powietrza do	750° C
Zużycie gazu na max. przepływ . .	16000 m^3/h
Ciśnienie gazu i powietrza . . .	100 $mm\ H_2O$

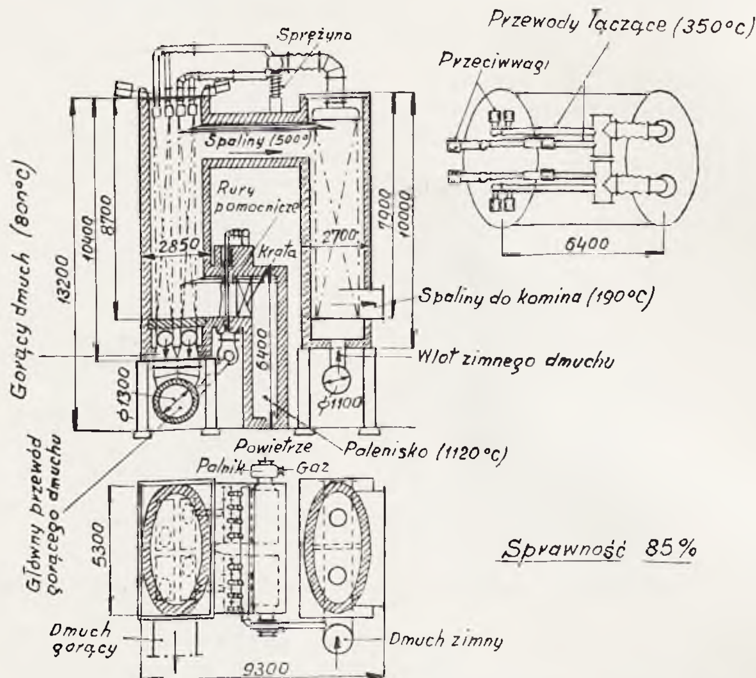


Rys. 2. Schemat urządzeń pomiarowych i sterujących nagrzewnicy.

a = Termoelement do pomiaru temp. gorącego dmuchu, b = Termoelement do pomiaru temp. paleniska, c = Termoelement do pomiaru temp. spalin odlotowych, d = Hydrauliczny napęd zasuwy do regulacji ciśnienia i szybkiego zamknięcia podczas krótkich przerw w pracy lub zaburzeń, e = Elektryczny napęd zasuwy do regulacji temperatury, f = Hydrauliczny napęd zasuwy powietrza do palnika, g = Dławiki pomiarowe, h = Regulator ciśnienia gazu, i = Regulator mieszania gazu z powietrzem w palenisku zależny od temperatury paleniska, k = Rejestrator powietrza do palnika, l = Analizator tlenu w spalinach, m = Wskaźnik temperatury gorącego powietrza, n = Rejestrator ilości gazu spalanego, o = Rejestrator ciśnienia gorącego powietrza, p = Rejestrator ilości zimnego dmuchu, r = Rejestrator temperatury dmuchu i gazów gardzielowych, s = Rejestrator opadania wsadu w wielkim piecu, t = Napęd przepustnicy gazu do palnika (niezależny od regulatora), u = Napęd przepustnicy powietrza do palnika (niezależny od regulatora), v = Elektryczny napęd zasuwy zimnego powietrza, w = Przewód okrężny z zasuwą ręczną do regulacji ilości zimnego powietrza podczas przerwy w biegu pieca.

Nadciśnienie w przestrzeni ogniowej . 30 $mm\ H_2O$
Strata ciśnienia dmuchu w nagrzewnicy . 400 $mm\ H_2O$
Zajęta powierzchnia łącznie z akcesoriami 83 m^2

W górze nagrzewnicy wbudowano dźwig wózkowy (rys. 1) do celów montażowych i remontowych. Podczas ostygania nagrzewnicy trzeba ją lekko opalać, by ostygała powoli, ale podczas stygnięcia trzeba stale przedmuchiwać powietrze przez rury, by nie dopuścić do ich przegrzania w izolowanym szybie. Nagrzewnicę wyposażono w dużą instalację pomiarową i sterującą, przedstawioną na rys. 2 schematycznie. Regulator temperatury dmuchu nastawia samoczynnie przepustnicę gazu. Nagrzewnica pracuje dla pieca, wytapiającego 450 — 500 *t* surówki tomasowskiej dziennie z wydajnością 34 — 35 % z namiaru. Temperatura dmuchu jest niemal stała w granicach bardzo łagodnych wahań o max. $+15^0\,C$ pomimo zmian ilości powietrza dochodzących 12 % w zależności od potrzeb pieca. Po 6 miesiącach pracy stwierdzono doskonały stan wszystkich części nagrzewnicy, stwierdzając jedynie przez próbę ciśnienia nieszczelność 4 rur z pośród 1320. Rury te zaślepiono przez spawanie i uruchomiono nagrzewnicę ponownie. Sprawność cieplna wynosi 80 — 82 % w stosunku do spodziewanych 85 %, a to dzięki zbyt małemu zwymiarowaniu. Temp. spalin odlotowych wynosi $240^0\,C$ Straty ścian zaledwie 2 %. Sądząc z doświadczeń możnaby w nagrzewnicach tej budowy podnieść temp. dmuchu do 800 — $850^0\,C$ bez szybkiego niszczenia rur. Ostatnio projektowano budowę niższej nagrzewnicy (rys. 3) w której część gorętsza miałaby rury stopowe, zimniejsza zwykłe, stalowe.



Rys. 3. Projekt nagrzewnicy dwuwieżowej o rurach stalowych.

Druk. „Zgoda" J. Klimczak i S-ka. Zielna 47 Tel. 619-57.